

Examiner: Clifford C. Shaw

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 1999年 4月23日  
Date of Application:

出願番号 平成11年特許願第115799号  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP 1999-115799]

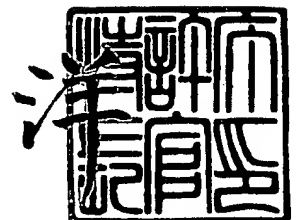
出願人 株式会社小松製作所  
Applicant(s):

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2004年10月20日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願

【整理番号】 90-99-012

【提出日】 平成11年 4月23日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B23K 10/02

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府枚方市上野 3 丁目 1 番 1 号

株式会社小松製作所 生産技術開発センタ内

【氏名】 木原 徹

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府枚方市上野 3 丁目 1 番 1 号

株式会社小松製作所 生産技術開発センタ内

【氏名】 栗山 和也

【特許出願人】

【識別番号】 000001236

【氏名又は名称】 株式会社小松製作所

【代表者】 安崎 暁

【代理人】

【識別番号】 100084629

【弁理士】

【氏名又は名称】 西森 正博

【電話番号】 06-6204-1567

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 045528

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9709639

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 S i 系材料の溶接方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一対の電極間にアークを発生させた後、上記アーク柱に S i 系材料を近づけ、アークプラズマの熱で溶融することによって溶接することを特徴とする S i 系材料の溶接方法。

【請求項 2】 上記陽極側の電極を水冷却銅板としたことを特徴とする請求項 1 の S i 系材料の溶接方法。

【請求項 3】 上記アークの指向性を向上する手段を設けたことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 の S i 系材料の溶接方法。

【請求項 4】 アークスタートさせた後にアーク長を延長していき、その後 S i 系材料をアーク柱に近づけることを特徴とする請求項 1 の S i 系材料の溶接方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

この発明は単結晶または多結晶のシリコン（以下、S i と称す）を含む S i 系材料を、アーク溶接によって溶融溶接する S i 系材料の溶接方法に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

近年、半導体材料として、需要の著しい伸びを示している S i は、半導体としての物理的、電気的特性に着目されている。中でも、バルク材料としての S i はウエハの用途を中心として、その需要が非常に伸びている。近年、ウエハは、大径化が進み、ウエハの元になる S i インゴットも、その重量が 2 0 0 k g 以上となってきたおり、その製造工程において、把持・運搬をどのようにして行うかが大きな課題となっている。すなわち、金属の汚染をきらう本業界においては、ハンドリング用治具等においても S i 等を多用しているが、インゴットの重量の増

大、大径化に伴いこのような治具の製作が困難となっている。

#### 【0003】

そこで、Si インゴット自体に加工等を加えることにより、運搬等を可能にすることも考えられるが、難加工材の加工であり、後洗浄等も必要となるため、この方策にはコストアップ、製造工程の複雑化などの新たな課題が生じる。

#### 【0004】

一方、ウエハの接合技術としては、特願平 3-107853 号などに開示されるような張り合わせウエハによる SOI ウエハ等があるが、これらの接合技術は、電気的特性の改善をねらいとするものであり、本発明のような、構造的特性をねらうものとは、その目的が異なっている。

#### 【0005】

Si 系材料は非常に脆いため大きな熱を加えると衝撃的に破壊する。このため溶融溶接を行うことは困難であると考えられていたが、近年、高エネルギー密度熱源、すなわち電子ビームやレーザービームを用いることで Si 系材料を溶接することができるようになった（特願平 9-365188 号）。しかしこの方法は、設備が非常に高価であることに加えて、被溶接物を真空チャンバ内で処理しなければならないという制限がある。

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

そこで真空チャンバを必要とせず設備が比較的安価なアーク溶接に注目した。しかし、半導体材料である Si は、室温において  $1000\ \Omega \cdot \text{cm}$  以上の電気抵抗を有するため、アーク放電を熱源とする溶接においては、絶縁材料に近い挙動を示す。このため、放電が必須のアークによる溶融溶接は不可能であると考えられていた。これは、通常の Si のような高抵抗材料は、アーク放電の電極とはならず、Si 系材料に直接放電をして溶融を実現することは不可能であるからである。

#### 【0007】

そこで本発明では、アーク溶接において、Si 系材料以外の電極間にアークを発生させた後、上記アーク柱に Si 系材料を近づけ、アークプラズマの熱で溶融

することによって溶接を行うことに着目した。すなわち本発明は、非常に脆く、電気抵抗が高いために、溶接することは不可能であると考えられていた S i 系材料に、アーク溶接を適用することによって、従来は機械加工でしか製作できなかった S i 系材料製の部材の溶接による加工を可能にし、さらに機械加工では製作の不可能な形状部材の製作を可能とすることにより、S i 系材料の加工自由度を大幅に向上させることができるものである。

#### 【0 0 0 8】

##### 【課題を解決するための手段および効果】

そこで請求項 1 の S i 系材料の溶接方法は、一対の電極間にアークを発生させた後、上記アーク柱に S i 系材料を近づけ、アークプラズマの熱で熔融することによって溶接することを特徴としている。

#### 【0 0 0 9】

上記請求項 1 の S i 系材料の溶接方法によれば、アーク放電を被溶接物である S i 系材料以外の電極間で行い、発生させたアークのアーク柱に上記 S i 系材料を近づけ、アークプラズマの熱を利用して加熱、熔融することによって、今まで電極とはなりえず溶接不可能であった S i 系材料でも熔融溶接することを可能にした。また上記 S i 系材料をアーク柱に近づけたり、少し離したりする等、放電の中心との距離をコントロールすることができるため、S i 系材料への熱衝撃を緩和しながら熔融を開始し、徐々に熔融溶接を行うことができる。

#### 【0 0 1 0】

また請求項 2 の S i 系材料の溶接方法は、上記陽極側の電極を水冷却銅板としたことを特徴としている。

#### 【0 0 1 1】

上記請求項 2 の S i 系材料の溶接方法によれば、陽極側の電極に熱伝導率が高い銅板を用い、さらにその内部に冷却水を供給できる冷却水路を設けたことによって、陽極がアーク熱により熔融するのを防ぐことができる。この結果、上記水冷却銅板からの金属蒸気の発生を抑え、コンタミネーションの少ない熔融溶接が可能となる。

#### 【0 0 1 2】

請求項 3 の S i 系材料の溶接方法は、上記アークの指向性を向上する手段を設けたことを特徴としている。

#### 【0 0 1 3】

上記請求項 3 の S i 系材料の溶接方法によれば、アークの指向性を向上させる手段を設けることによって、S i 系材料に投入される入熱量及び溶融量の安定化を図ると共に、溶融量の再現性を良くすることができる。

#### 【0 0 1 4】

請求項 4 の S i 系材料の溶接方法は、アークスタートさせた後にアーク長を延長していき、その後 S i 系材料をアーク柱に近づけることを特徴としている。

#### 【0 0 1 5】

アークの放電可能な電極間距離はそれほど大きくなく、上記電極間距離よりも大きな S i 系材料を溶接することは物理的に不可能であった。しかしながら上記請求項 4 の S i 系材料の溶接方法によれば、始めに短い電極間でアークスタートさせた後に、アークの自続放電を利用してアーク長を徐々に延ばしていくことによって、アークスタート時の電極間距離よりも大きな S i 系材料を溶接することができることになる。また、始めの電極間距離を短く設定し、低電流でアークスタートさせれば、両電極の損傷を防ぐことができる。さらに、この方法では金属蒸気の発生が著しいアークスタート時には、上記 S i 系材料を遠ざけておき、アーク長を延長した後にアーク柱に近づけ溶融するため、コンタミネーションの少ない溶融溶接が可能である。

#### 【0 0 1 6】

##### 【発明の実施の形態】

本実施の形態では、非消耗型アーク溶接、すなわち T I G アーク溶接を利用して、一对の S i 部材の突合せ溶接を行った。図 1 はその溶接手順を示す模式図である。まず、アルゴンガス 5 をトーチ 7 のノズル 6 から流しながら、上記アルゴンガス 5 雰囲気中でタングステン棒 3 を陰極として、また、円筒形の水冷却銅板 4 を陽極として、上記一对の電極 3、4 間にアークを発生させる。この時、両電極 3、4 間の距離は 3 mm、初期電流値は 7 5 A である。上記で用いた水冷却銅板 4 には、熱伝導率が高い銅板 1 0 の内部に冷却水路 1 1 が設けられている。つ



まり図2に示すように、上記水冷却銅板4の一端から内部を通して他端に通じる管を設け、その一端すなわち入口側12から冷却水を供給し、他端すなわち出口側13から冷却水を排出できるように構成されている。これはアーク放電中、常に水冷却銅板4内に冷却水を流し続けることで、アーク熱によって上記水冷却銅板4が溶融するのを防ぐためである。この結果、上記水冷却銅板4からの金属蒸気の発生を抑え、コンタミネーションの少ない溶融溶接が可能となる。

#### 【0017】

次に、上記電流値は75Aに保ったまま電極間距離、すなわちアーク長を3mmから15mmまで徐々に延ばしていく(図1(b)参照)。一方、上記アーク柱2から離れた所で、直径約6mmの一对の多結晶Si部材1、1の端面同士を突き合わせ、上記突き合わせたSi部材1、1の長手方向がアークと略垂直に交わるような方向に向ける。そしてこの状態で、上記Si部材1、1をアーク柱2に向けて横方向から近づけていき(図1(c)参照)、上記アーク柱にSi部材1、1の溶接部を十分近づけた後、その状態でSi部材1、1を一旦停止させ、約10秒間、溶接部の局所をアークプラズマによって加熱し溶融する(図1(d)参照)。その後、今度は図1(e)に示すように、Si部材1、1のみを回転速度9.6rpm(回転/分)の速さで軸心回りに回転させることによって、上記アークプラズマの熱で溶融溶接を行うのである。

#### 【0018】

さらにこの後、上記Si部材1、1を先の溶融位置より約3mm程度離し、そこで約15秒間、Si部材1、1の回転を継続することによって、溶接部が急激に冷却されるのを防ぎ、溶融池を徐々に小さくしていくのである。このようにすれば、クレータ処理を円滑に行うことができる。

#### 【0019】

以上のように、アーク放電をタングステン棒3と水冷却銅板4間で行い、発生させたアークのアーク柱2にSi部材1、1を近づけ、アークプラズマの熱を利用して加熱、溶融することによって、今まで電極とはなりえず溶接不可能であったSi部材1、1でも溶融溶接することを可能にした。また上記Si部材1、1をアーク柱2に近づけたり、少し離したりする等、放電の中心との距離をコント

ロールすることができるため、S i 部材 1、1 への熱衝撃を緩和しながら溶融を開始し、徐々に溶融溶接を行うことができる。さらに、アークの放電可能な電極間距離は 5 mm 程度と小さく、以前まで直径 2 mm 程度の S i 部材 1、1 より大きなものを溶接することは物理的に不可能であったが、5 mm 以下の短い電極間でアークスタートさせた後に、アークの自続放電を利用してアーク長を徐々に延ばしていくことによって、直径 2 mm 以上の S i 部材 1、1 を溶接することが可能となった。

#### 【0 0 2 0】

また上記実施形態では、電流値を常時 7 5 A に維持したが、両電極 3、4 の損傷を防ぎ、コンタミネーションの少ない溶接を行うためには、初期電流値を 5 0 A 以下に設定してアークスタートさせた後、アーク長を延ばしてから電流値を上げていき、アークプラズマの熱で S i 部材 1、1 の溶融溶接を行うのが好ましい。

#### 【0 0 2 1】

ところで、上記実施形態で示したように溶接を行った場合、図 3 (a) に示すように S i 部材 1、1 が近づけられる前は、上記アークはタングステン棒 3 から水冷却銅板 4 へそのアーク長が最短となるような方向に放射状に発生しているが、図 3 (b) に示すように、S i 部材 1、1 を上記アーク柱 2 に近づけると、上記アークは S i 部材 1、1 によって冷やされまいと反発して、S i 部材から離れようと偏向してしまう。このことは、S i 部材 1、1 に投入される入熱量が不安定になると共に、その溶融量も不安定となり、さらには溶融量の再現性を悪くする原因となる。

#### 【0 0 2 2】

この問題を解決するためには、アークの指向性を向上させるための手段を設ける必要があるが、実験によれば、溶接アークにおけるアーク電流の通過面積は、直径 6 ~ 7 mm の範囲であることが明らかである。そこで、上記水冷却銅板 4 の表面中央部に直径 D が 7 mm、高さ L が 1 5 mm の突出部 8 を設けて放電可能な面積を制限した (図 5 参照)。このことによって、アーク柱 2 に S i 部材 1、1 を近づけても、アークは上記突出部 8 に発生するため偏向は小さくなり、突出部

8 から大きく外れることはなくなり、有効な電流通路に S i 部材 1、1 を位置させることが可能になった。

### 【0 0 2 3】

またさらに、図 6 に示すように、S i 部材 1、1 をアーク柱 2 に近づけたときにアークが反発して偏向する分だけ、予め水冷却銅板 4 の中心位置をタングステン棒 3 の中心位置からオフセットしておくことによって、上記よりもさらにアークの指向性を向上させることができる。この結果、S i 部材 1、1 へ投入される入熱量及び溶融量の安定化を図ると共に、溶融量の再現性を良くすることができる。

### 【0 0 2 4】

以上にこの発明の S i 系材料の溶接方法の実施の形態について説明したが、この発明は上記実施の形態に限られるものではなく、種々変更して実施することが可能である。すなわち上記実施形態では、アークの指向性を向上させるための手段として水冷却銅板 4 に突出部 8 を設けたが、上記アーク柱 2 付近に磁場を作用させることによってアークの指向性を向上させたり、一定時間ごと、すなわちパルス的に大電流を流すことによって、アークの指向性を高めることも可能である。また、雰囲気ガスをアルゴンガス 5 から、上記アルゴンガス 5 よりも軽く拡散し易いヘリウムガスに変えることによって、アーク柱 2 の周囲は冷却され、アークの広がりや抑制される。この結果、アークの指向性を向上させることもできる。さらに上記実施形態では、非消耗電極型アーク溶接として T I G アーク溶接を用いて溶接を行った例を示したが、プラズマ溶接等他のアーク溶接方法を用いてもよい。

### 【図面の簡単な説明】

#### 【図 1】

本実施形態の溶接手順を説明するための模式図である。

#### 【図 2】

上記実施形態のタングステン棒及びその周辺と水冷却銅板の断面図である。

#### 【図 3】

上記実施形態のアークの状態を示す概略図で、(a) はアーク放電を開始した

ときの状態を、(b) は S i 部材をアーク柱に近づけたときの状態を示す。

【図 4】

陽極側の水冷却銅板に突出部を設けたときのアークの状態を示す概略図である

。

【図 5】

上記突出部を設けた水冷却銅板の説明図である。

【図 6】

上記水冷却銅板を陰極の中心位置から予めオフセットした状態でアーク溶接を行ったときのアークの状態を示す概略図である。

【符号の説明】

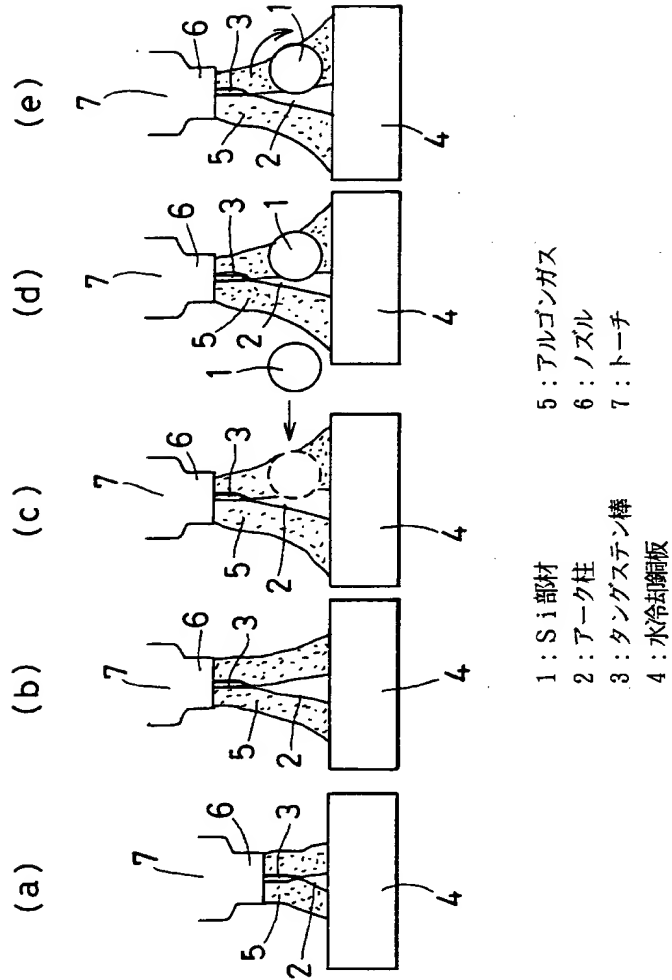
- 1 S i 部材
- 2 アーク柱
- 3 タングステン棒
- 4 水冷却銅板
- 5 アルゴンガス
- 6 ノズル
- 8 突出部

【書類名】

図面

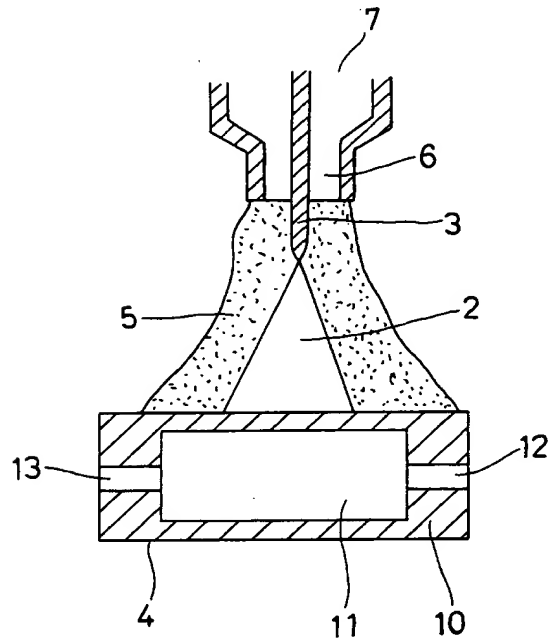
【図 1】

本実施形態の溶接手順を示す模式図



【図 2】

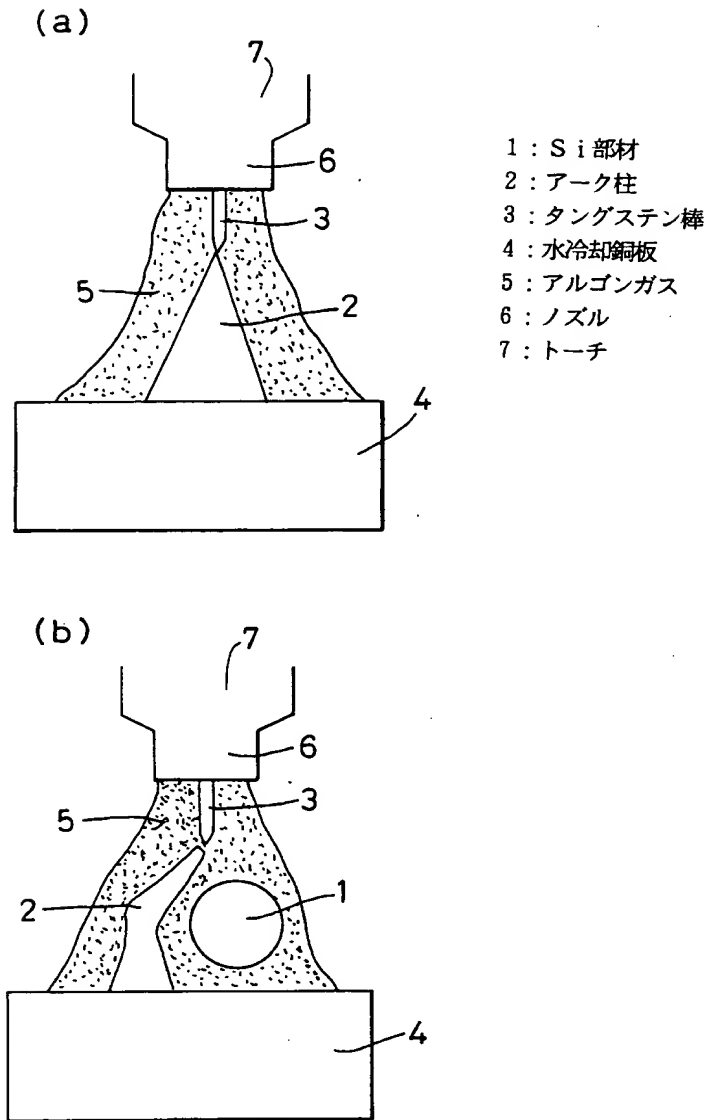
本実施形態のタングステン棒及びその周辺と水冷却銅板の断面図



- |             |           |
|-------------|-----------|
| 2 : アーク柱    | 7 : トーチ   |
| 3 : タングステン棒 | 10 : 銅板   |
| 4 : 水冷却銅板   | 11 : 冷却水路 |
| 5 : アルゴンガス  | 12 : 入口側  |
| 6 : ノズル     | 13 : 出口側  |

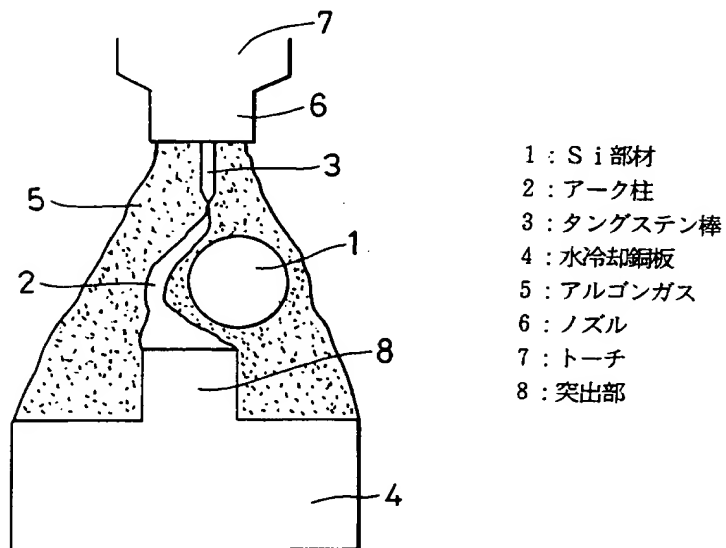
【図 3】

本実施形態のアーキの状態を示す概略図



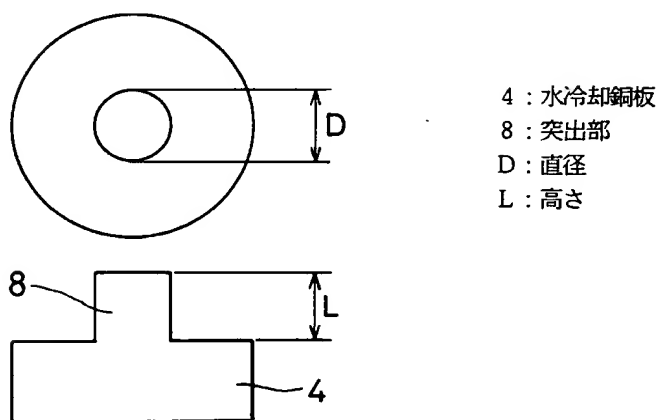
【図 4】

水冷却銅板に突出部を設けたときのアークの状態を示す概略図



【図 5】

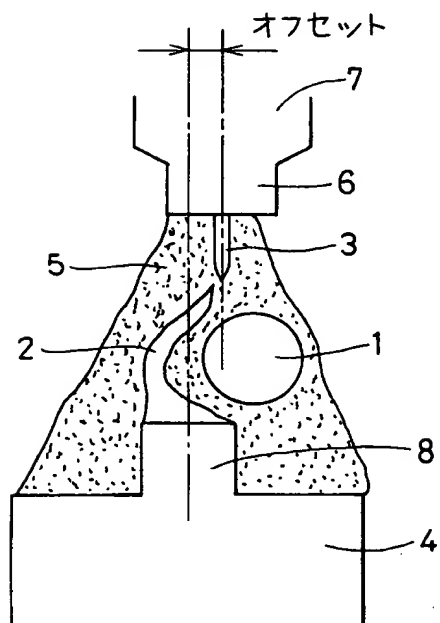
突出部を設けた水冷却銅板の説明図





【図 6】

オフセット状態でのアークの概略図



- |             |            |
|-------------|------------|
| 1 : Si 部材   | 5 : アルゴンガス |
| 2 : アーク柱    | 6 : ノズル    |
| 3 : タングステン棒 | 7 : トーチ    |
| 4 : 水冷却銅板   | 8 : 突出部    |

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 非常に脆く、電気抵抗が高いために、溶接することは不可能であると考えられていた S i 系材料を、アーク溶接におけるアークプラズマの熱を利用することでその溶接を可能にし、S i 系材料の加工自由度を向上する。

【解決手段】

アルゴンガス 5 雰囲気中でタングステン棒 3 を陰極として、また水冷却銅板 4 を陽極として、上記一对の電極 3、4 間にアークを発生させる。次にアーク長を徐々に延ばしていき、端面同士を突き合わせた一对の S i 系材料をアーク柱 2 に近づける。そして、上記 S i 系材料を軸心回りに回転させながら溶接部の熔融溶接を行う。

【選択図】 図 1

特願平 1 1 - 1 1 5 7 9 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 1 2 3 6 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区赤坂二丁目 3 番 6 号

氏 名

株式会社小松製作所